

зута в существующую технологическую схему, который позволяет утилизировать остаток атмосферной переработки нефти и получить ряд важных нефтепродуктов. Для решения поставленной задачи была предложена схема переработки мазута по топливному варианту.

Предлагаемая схема переработки позволит не только получать ценнейшие нефтепродукты, но и предотвратить выбросы вредных веществ в атмосферу путем отказа от сжигания мазута в печах.

В результате реконструкции завод будет производить новые виды продукции: легкий вакуумный газойль, тяжелый вакуумный газойль, гудрон, несконденсированные газы. Газы используются как топливо для трубчатой печи. Остальные продукты на первых этапах будут отправляться на другие заводы холдинга «ТНК-ВР» для дальнейшей переработки. Следующим этапом развития завода может стать внедрение блока каталитического крекинга, коксования, висбрекинга.

Внедрение на заводе блока вакуумной переработки мазута позволит предприятию добиться следующего:

- улучшить качество нефти, идущей на экспорт, за счет прекращения добавления в нее остатка, получаемого на АТ;
- для углубленной переработки нефтяного сырья осуществить рациональную утилизацию остатка атмосферной переработки нефти – мазута;
- получить ценнейшие продукты, такие как легкий и тяжелый вакуумный газойли, гудрон, которые являются сырьем для процессов каталитического крекинга, коксования, висбрекинга, получения нефтяных битумов и др.;
- использовать газы, отходящие с верха атмосферной и вакуумной колонн, в качестве топлива для трубчатой печи;
- уменьшить загрязнение атмосферного воздуха за счет прекращения сжигания газа на факельной системе.

Результаты работы могут быть использованы при реконструкции технологической схемы действующего предприятия.

## **ИНГИБИТОРЫ СОЛЕОТЛОЖЕНИЙ И КОРРОЗИИ ДЛЯ ВЫСОКОМИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ВОД**

*Тарасова С. А., Дриккер Б. Н., Обожин А.Н., Обадин Д. Н.  
Уральский государственный лесотехнический университет  
chempro@el.ru*

Сокращение водопотребления при переводе предприятий на оборотные и замкнутые системы водоснабжения приводит к заметному ухудшению качества воды. В результате многократного использования ограниченных объемов воды в ней происходит концентрирование солей, интенсифицируются процессы образования солеотложений и коррозии. В настоящее время для борьбы с такими нежелательными явлениями чаще всего используются ингибиторы на основе органофосфонатов.

Обычно выбор того или иного ингибитора проводится на подпиточной воде оборотного цикла, без учета возможного процесса упаривания воды во время её эксплуатации.

Целью данных исследований являлось определение влияния степени концентрирования воды на эффективность ингибирования солеотложений и коррозии органофосфонатами.

Объектом исследований была вода, используемая для подпитки оборотных циклов на ОАО «Челябинский цинковый завод» (техническая вода) и на ПО «Балхашцветмет» (вода озера Балхаш). Физико-химические показатели подпиточных вод представлены в табл.1.

Таблица 1

Показатель	Качество подпиточной воды	
	Челябинский цинковый завод	Балхашцветмет
рН	8,00	8,53
Жесткость кальциевая, мг-экв/дм <sup>3</sup>	2,60	2,40
Щелочность, мг-экв/дм <sup>3</sup>	3,60	4,70
Магний, мг/дм <sup>3</sup>	22,70	100,93
Железо, мг/дм <sup>3</sup>	0,19	0,102
Сухой остаток, мг/дм <sup>3</sup>	220,00	1792,00
Хлориды, мг/дм <sup>3</sup>	23,45	295,00
Сульфаты, мг/дм <sup>3</sup>	41,68	604,00

Оценку стабильности воды и ее склонности к образованию минеральных отложений и коррозии проводили как в исходной воде, так и после 1,7 и 2,5 (для воды озера Балхаш), а также 2, 3, 4 (для воды Челябинского цинкового завода) кратного упаривания

Концентрирование воды проводили под вакуумом и температуре 40 °С с целью избегания процесса кипения и возникающей при этом границы раздела фаз.

Стабильность воды в отношении образования минеральных отложений оценивали по изменению концентрации накипеобразующих, в данном случае, ионов –  $\text{Ca}^{2+}$  (жесткость кальциевая) и  $\text{HCO}_3^-$  (щелочность), соответственно комплексонометрическим и кислотно-основным методами.

Определение электрохимической скорости коррозии проводили методом измерения поляризационного сопротивления воды прибором «Эксперт-004». Испытания проводили при температуре 20 °С, скорости перемешивания 1,2 м/с, в непроточной ячейке двухэлектродными измерительными зондами, оснащенными электродами, изготовленными из стали марки Ст.3. Погрешность измерений составляла не более 10 %.

В качестве ингибитора солеотложений и коррозии использовали реагент КИСК-1 (ТУ 2415-007-76499798-2009), относящийся к классу органических фосфонатов (ОФ), содержащий его цинковый комплексонат при мольном соотношении ОФ:ОФ-Zn = 2,5:1. Реагенты марок «КИСК» разрешены к использованию в системах охлаждения и отопления с закрытым и открытым водозабо-

ром. (Санитарно-эпидемиологическое заключение № 66.01.40.000.Т.000561.04.09 от 20.04.2009).

Результаты измерений стабильности воды в отношении ингибирования коррозии на подпиточной воде до упаривания представлены в табл. 2.

Таблица 2

Подпиточная воды без упаривания

Подпиточная вода	Ca <sup>2+</sup> , мг-экв/л	Щ, мг-экв/л	Концентрация КИСК-1, мг/л							
			0	2	5	10	15	20	30	40
			Скорость коррозии, мкм/год							
Челябинский цинковый завод	2,6	3,6	174	166	28	24	-	6	-	-
Балхашцветмет	2,4	4,7	340	-	297	253	140	101	48	43

Из данных, представленных в табл. 2, видно, что подпиточная вода обоих предприятий является высоко коррозионно-агрессивной, но в присутствии реагента КИСК-1 скорость коррозии существенно снижается. Для дальнейших испытаний с концентрированием, исходя из полученных результатов, были выбраны оптимальные концентрации ингибитора (для воды Челябинского цинкового завода – 5 мг/л, для воды Балхашцветмет – 30 мг/л). Результаты измерений стабильности воды в отношении солеотложений и коррозии представлены в табл. 3.

Таблица 3

Стабильность подпиточной воды после упаривания

Подпиточная вода	Коэффициент упаривания	Ca <sup>2+</sup> , мг-экв/л	Изм. конц., А %	Щ, мг-экв/л	Изм. конц., А %	Скорость коррозии, мкм/год
Балхашцветмет	1,7 (без реагента)	3,9	4,4	7,8	2,4	234
	2,5 (без реагента)	5,2	13,3	10,9	7,3	269
	1,7 (с реагентом)	4,04	0,98	8,00	0,12	7
	2,5 (с реагентом)	5,8	3,3	12,1	2,97	6
Челябинский цинковый завод	2 (без реагента)	5,0	14,0	6,8	15,5	210
	3 (без реагента)	5,2	33,3	8,3	23,1	222
	4 (без реагента)	5,9	43,2	10,1	29,8	172
	2 (с реагентом)	5,1	1,9	6,8	5,3	39
	3 (с реагентом)	7,5	3,2	10,2	5,5	39
	4 (с реагентом)	9,3	10,6	13,0	9,7	10

Данные табл. 3 свидетельствуют о том, что КИСК-1 при всех заданных коэффициентах упаривания обеспечивает стабильность воды в отношении образования солеотложений и существенно снижает скорость коррозии. Безусловно, это связано со свойствами самого реагента (его концентрация растет пропорционально кратности упаривания), который практически не разлагается и не теряется вследствие адсорбции на инертной твердой фазе. Поскольку действие ингибиторов коррозии на базе органических фосфонатов обусловлено созданием защитной пленки на поверхности металла, состоящей из полиядерных комплексов цинка, то возможно, что при возрастании в процессе концентрирования ионов щелочноземельных металлов возникает синергетический эффект,

обусловленный образованием дополнительной защитной пленки уже из их комплексонов. В этом случае не следует также пренебрегать изменением ионной силы раствора.

Резюмируя изложенное, можно утверждать, что использование реагента КИСК-1 обеспечивает как безнакипный режим, так и снижение скорости коррозии при использовании высокоминерализованных вод или их концентрирование при использовании в замкнутых системах водоснабжения.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ТОЧНОСТИ ЗАДАЧ НАГРЕВА С ГРАНИЧНЫМИ УСЛОВИЯМИ 1 РОДА В ПАКЕТЕ ANSYS**

*Татарина Т.В., Горбунов В.А.*

*Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина*

*E-mail: tevp@tvp.ispu.ru*

В настоящее время с развитием компьютерных технологий появилось множество вычислительных пакетов для решения разнообразных задач теплообмена и гидрогазодинамики. Эти пакеты являются хорошим инструментом при конструировании и оптимизации работы оборудования.

Одним из важнейших критериев выбора и использования вычислительных комплексов является их точность. Но чаще всего анализ точности решения определенных задач отсутствует. Для оценки точности необходимо сравнить результаты, полученные в многофункциональном комплексе, с результатами физического эксперимента. При этом необходимо наличие соответствующего оборудования, а также больших денежных затрат. Иногда физический эксперимент провести просто невозможно. Для некоторых задач анализ точности можно провести сравнением полученных результатов с аналитическим решением. Считая результат аналитического решения истинным легко определить погрешность того или иного вычислительного комплекса.

Данная проблема была исследована на простейшем примере. В пакете Ansys Fluent решалась задача нагрева заготовки в виде бесконечной металлической пластины толщиной 0,1 м в течение 1000 секунд при граничных условиях 1 рода. При решении учитывалась зависимость теплофизических коэффициентов от температуры. Для этой же задачи было составлено численно-аналитическое решение в пакете MathCAD.

На точность полученных в вычислительном комплексе результатов влияет шаг по пространству  $\Delta x$  и шаг по времени  $\Delta t$  для четырехугольных сеток. С величиной данных параметров трудно определиться при решении задач. Для решения этой проблемы проводилось исследование влияния данных параметров на погрешность вычислений.

### *Библиографический список*

1. Лыков А.В. Теория теплопроводности. М.: Высшая школа, 1967. 600 с.
2. Разработка математических моделей камерных кузнечных печей для предприятий машиностроения: Дипломная работа / Ж.Н. Рыбакова. Иваново: ИГЭУ, 2007. 142 с.
3. Разработка модели кузнечного производства в многоцелевом вычислительном комплексе: Дипломная работа / М.С. Седов. Иваново: ИГЭУ, 2009. 127с.